

Approved For Release STAT
2009/08/19 :
CIA-RDP88-00904R000100120

Dec

Approved For Release
2009/08/19 :
CIA-RDP88-00904R000100120



Вторая Международная конференция
Организации Объединенных Наций
по применению атомной энергии
в мирных целях

A/CONF/15/P/ 2198
USSR
ORIGINAL:RUSSIAN

Не подлежит оглашению до официального сообщения на Конференции

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ЗАЩИТЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ТРЕНИЯ ОТ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА

Ю.С.Заславский, Г.И.Шор, Р.Н.Шнеерова

Детали цилиндро-поршневой группы и вкладыши подшипников двигателей внутреннего сгорания подвергаются коррозионному износу под воздействием продуктов сгорания топлива и окисления смазочного масла. Защита от коррозионного износа, помимо прочих мероприятий, обеспечивается введением в масла соответствующих присадок, механизм действия которых, однако, изучен недостаточно.

Применение метода радиоактивных индикаторов позволило нам показать, что в основе механизма действия антикоррозионных присадок лежит образование защитных пленок на поверхностях металлов, а также позволило установить взаимосвязь процессов образования пленок и торможения коррозии и влияние на эти процессы температуры масла, времени взаимодействия присадки с металлом, характера металла, состава и концентрации присадки (1,2,3).

Дальнейшие исследования проводились с помощью разработанной нами ранее методики: в масляную баню устанавливались пробирки с исследуемым маслом; в пробирки периодически с помощью кривошипно-шатунного механизма погружались диски из металла, коррозия которого изучалась. Для изучения образования пленки на металле применялись присадки, меченные радиоактивным изотопом основного компонента (S^{35} , P^{32} , C^{14}), а для изучения коррозии — диски из металла (свинец, меченный Sb^{124} (1)). Количество образовавшейся пленки (в mg/cm^2), определялось с помощью торцового счетчика путем измерения радиоактивности на одной из торцовых поверхностей диска, а величина коррозии (в мг) прокорродировавшего металла — измерением радиоактивности масла.

Изучали влияние высокомолекулярных органических кислот на

25 YEAR RE-REVIEW

-2-

процессы образования и разрушения защитной пленки, создаваемой антикоррозионной присадкой на поверхности свинцового образца, и связанную с этими процессами коррозию свинца. В остаточное моторное масло из Эмбенских нефтей (MT-I6), содержавшее 3% дисульфидалкилфенолята бария, меченного S^{35} , добавлялись различные количества (от 0,1 до 7,0%) олеиновой, пальмитиновой или нафтенных кислот. Результаты исследования влияния нафтенных кислот при температуре масла 140° показаны для примера на рис. 1а, б.

Из наличия минимумов на кривых (рис. 1б), соответствующих одному и тому же содержанию кислот в масле, следует, что малые количества органических кислот улучшают антикоррозионную эффективность пленки, по-видимому, за счет полирующего действия кислот на поверхность металла, а большие количества кислот, действуя разрушающе на антикоррозионную присадку, несмотря на рост количества пленки и времени ее существования, увеличивают коррозию свинца. Это, вероятно, связано с имеющим место при разрушении присадки переходом серы в более реакционно-способное состояние и интенсивным взаимодействием ее с поверхностью свинца с образованием большего количества пленки, не обладающей, однако, защитными свойствами.

Эффект разрушения присадки кислыми продуктами виден из результатов опыта (рис. 1, а) на масле MT-I6 с 3% дисульфидалкилфенолята бария (меченного как по S^{35} , так и по C^{14}) и с 6% нафтенных кислот при температуре масла 140°. Рост количества пленки, регистрируемый по излучениям S^{35} и C^{14} , в течение первых 20 мин. опыта свидетельствует об образовании пленки молекулами присадки (вероятно, с образованием комплексного соединения). Совпадение момента образования максимального количества пленки, регистрируемой по излучению S^{35} , с моментом полного исчезновения пленки, регистрируемой по излучению C^{14} , и с моментом увеличения скорости коррозии позволяет утверждать, что этот момент времени соответствует полному разрушению присадки в объеме масла. Последующее уменьшение количества серы на поверхности связано с коррозионным разрушением металла.

Результаты изложенных выше исследований приводят к выводу, что к моторным маслам в качестве антикоррозионных присадок, наиболее эффективно снижающих коррозию вкладышей подшипников, целесообразно из полярных серусодержащих соединений применять такие, в молекулах

2609-24

-3-

которых сера обладает наиболее прочными связями^{х)}. Сказанное хорошо согласуется с результатами исследований антикоррозионных свойств ряда индивидуальных сернистых соединений, вводимых в масло МТ-16 с таким расчетом, чтобы содержание серы в масле было одинаковым (рис. 2а, б). В опытах с дидецилсульфидом, в молекулах которого сера обладает более прочной связью, чем в молекулах дидецилдисульфида (4), наблюдалась (рис. 2а) значительно большая длительность существования защитной пленки на поверхности свинца и соответственно значительно меньшая коррозия, чем в опытах с дидецилдисульфидом. Дидецилсульфид термически устойчив (рис. 2, б) и не теряет антикоррозионной эффективности с ростом температуры масла, тогда как и дидецилдисульфид и децилмеркаптан неустойчивы и с ростом температуры даже увеличивают коррозионную агрессивность масла. Следовательно, оценка антикоррозионной эффективности присадок только при одной какой-либо температуре является недостаточной. Это положение было подтверждено также сравнением антикоррозионной эффективности при разных температурах дифенилсульфида и дифенилдисульфида, диоктадецилсульфида и диоктадецилдисульфида, динонилсульфида и динонилдисульфида.

Во всех случаях органические сульфиды, в молекулах которых сера обладала более прочными связями, чем в молекулах дисульфидов (4), оказались более эффективными антикоррозионными присадками.

Изучалось влияние солей высокомолекулярных органических кислот на процесс образования и разрушения защитной пленки на поверхности свинца и влияние тех же продуктов на коррозию свинца. В масло МТ-16 с 3% дисульфида алкилфенолята бария, меченного S^{35} , добавлялись различные количества (от 0,05 до 12%) нафтенатов кобальта, свинца и меди. На рис. 1, с, приведены для примера результаты опытов с нафтенатом кобальта. Сравнение данных, приведенных на рис. 1, б и 1, с, позволяет считать, что в отличие от нафтенновых кислот их соли, введенные в больших количествах в масло с присадкой, улучшают защитную эффективность пленки. Однако из-за малой длительности существования такой эффективной пленки вследствие избыточной кислотности нафтенатов введение последних в масло с присадкой приводит в конечном счете к росту коррозии по сравнению с коррозией на том же

х) Следует отметить, что эффективные противозадирные присадки должны легко отщеплять серу.

-4-

масле с присадкой, но без нафтенатов (рис.3а).

Введение в то же масло с присадкой нафтеновых кислот и нафтенатов в количествах, обеспечивающих во всех случаях одинаковую начальную кислотность масла (6,5 мг КОН), показало (рис.3а), что по способности увеличивать коррозию свинца катионы солей располагаются обратно той последовательности, в которой они находятся в нормальном ряду напряжений. Это, по нашему мнению, указывает на наличие электрохимических процессов, происходящих в масле при введении рассматриваемых солей. Можно предположить, что при введении в масло с антикоррозионной присадкой органической соли, которая не давала бы при этом избыточной кислотности и катион которой стоял бы в ряду напряжений выше кобальта, эффективность действия присадки должна увеличиться. Опыты с введением различных количеств (от 1 до 12%) сульфоната кальция (рис.1, d) подтвердили это предположение: с введением в масло с 3% дисульфидалкилфенолята бария увеличивающихся количеств сульфоната кальция наблюдается значительный рост длительности существования пленки на поверхности свинца при незначительном увеличении ее количества и резком уменьшении коррозии. Опытами с введением разных количеств сульфоната кальция в масло МТ-16 без антикоррозионной присадки было установлено (рис.3б) эффективное торможение коррозии свинца этой солью и тем самым показано, что сульфонат кальция не только улучшает антикоррозионное действие серосодержащей присадки, но и сам является антикоррозионным продуктом.

Для изучения механизма антикоррозионного действия сульфоната кальция обычный свинцовый образец, меченный Sb^{124} , был включен в цепь 200 в электрической батарее в качестве анода. Катодом служила угольная пластинка. Расстояние между электродами, помещавшимися в пробирке с маслом МТ-16, составляло 1 мм. Через масло, нагретое до 140° , продувался воздух.

Результаты опытов показали (рис.3с) значительное влияние электрохимических процессов на коррозионное разрушение свинца под воздействием продуктов окисления масла. Заметное снижение радиоактивности масла при введении в него сульфоната кальция в период интенсивной коррозии свинца свидетельствует о связи механизма антикоррозионного действия этой соли с электрохимическими процессами.

Рассмотренные выше процессы образования и разрушения защитных пленок, создаваемых на поверхности свинца сероорганическими соеди-

2609-24

-5-

нениями, характерны и для фосфорорганических антикоррозионных присадок. Последние также образуют на поверхности свинца защитную пленку, состоящую из молекул присадки (рис. 4а). Это видно из того, что в течение первых 20 час. аналогичен ход кривых 1 и 2, показывающих кинетику образования защитной пленки введенным в масло МТ-16 трифенилфосфитом, меченным как по P^{32} , так и по S^{35} . На это же указывает соответствие количеств фосфора и углерода на поверхности свинца их соотношению в молекуле присадки. Особенностью действия фосфорорганических присадок является длительное сохранение фосфора на поверхности свинца после разрушения присадки. При этом, однако, не наблюдается защиты свинца от коррозии. Это было нами установлено в опытах с различными фосфорорганическими антикоррозионными присадками при разных температурах и даже при введении в масло с присадкой органических кислот.

2609-24
Образование защитных пленок именно молекулами антикоррозионных присадок было нами установлено также и в опытах с органическим соединением, одновременно содержащим и серу и фосфор (рис. 4в). В масло МТ-16 был введен трибутилтритиофосфит, меченный как по S^{35} , так и по P^{32} . В течение первых 6 час. имеет место образование защитной пленки на поверхности свинца молекулами присадки, что следует из аналогичного хода кривых, построенных по данным измерения интенсивности излучений S^{35} и P^{32} . Это видно также из соответствия количеств серы и фосфора на поверхности свинца их соотношению в молекуле трибутилтритиофосфита. При этом обеспечивается наиболее эффективное замедление коррозии свинца. Начинаясь по истечении 6 час. разрушение присадки заканчивается (минимум на кривой 1), по-видимому, полным отщеплением фосфора и образованием органических серосодержащих соединений, активно вступающих во взаимодействие со свинцом. Максимум на кривой 1 при $T = 50$ час. соответствует моменту полного разрушения указанных соединений кислыми продуктами, накопившимися в масле. Уменьшение количества фосфора на поверхности свинца так же, как и последующее уменьшение количества серы, связано с коррозионным разрушением поверхности.^{х)}

Процессы образования и разрушения защитных пленок антикоррозионными присадками и связанные с ними процессы коррозии характерны

х) Изложенные выше исследования проводились при консультациях проф. С. Э. Крейн.

-6-

не только для свинца, но и для других металлов и сплавов, в частности для стали и чугуна (1,2). Однако для деталей цилиндро-поршневой группы двигателей, подвергающихся в основном воздействию коррозионно-агрессивных продуктов сгорания топлива (5), такой механизм защиты не является единственным (6, 7, 8).

Исследование механизма защиты поверхностей трения чугунных деталей от коррозионного износа с помощью присадок к моторным маслам проводилось на разработанной нами экспериментальной установке, имитировавшей условия работы цилиндро-поршневой группы автомобильного двигателя при пониженной рабочей температуре. Установка (рис. 5а) представляла собой машину трения, в ванне которой помещалось чугунное кольцо, вырезанное из гильзы цилиндра автомобильного двигателя ГАЗ-51. По торцевой поверхности кольца скользили два чугунных сухаря (вырезанные из поршневого кольца того же двигателя) активированные облучением нейтронами с получением в составе металла радиоактивного изотопа ^{59}Fe .

Установка работала при скорости скольжения 5,75 м/сек, удельной нагрузке 20 кг/см^2 и температуре масла 40° . Из баллона через капилляр, испаритель и сопло к поверхностям трения подавались перегретые до 400° пары растворов серной и уксусной кислот, с одинаковым кислотным числом 8,1 мг КОН, в количестве 60 г/час, из которых 10 г/час конденсировались на поверхностях трения. В ванну машины заливалось 350 см^3 масла. Изменение радиоактивности масла в процессе износа сухарей автоматически регистрировалось одновременно с регистрацией температуры масла и коэффициента трения. После опытов определяли: скорость износа сухарей, кислотность масла и конденсата и наличие радиоактивности у последних.

Характерной особенностью опытов на моторных маслах без присадок, особенно на маслах из сернистых нефтей (АС -9,5, АС -5), является (рис. 5б) постепенное торможение коррозионного износа при подаче паров серной кислоты (кривая 2), чего не наблюдается в опытах с уксусной кислотой (кривая 1). Это, по-видимому, связано с химическим взаимодействием серной кислоты с компонентами масла, при котором образуются соединения (вероятно, сульфокислоты), способные создавать на поверхностях металлов защитные противоизносные пленки. В опытах с высокоочищенным трансформаторным маслом, как и следовало ожидать, эффекта торможения износа не наблюдалось, и износ при подаче паров серной кислоты был примерно вдвое больше, чем при пода-

-7-

че паров уксусной кислоты (6), т.е. отсутствовало взаимодействие серной кислоты с маслом. Подтверждением защитного действия высокомолекулярных кислот как образующихся в масле под действием серной кислоты, так и вводимых в масло (рис. 5, в, кривые 2, 3, 4, 5) является не резкое (кривая 1), а постепенное увеличение скорости износа при подаче паров уксусной кислоты, а также снижение коэффициента трения и падение кислотного числа масла (вследствие расхода высокомолекулярных кислот на взаимодействие с металлами пары трения), зарегистрированные в этих опытах.

В отличие от защитных пленок, создаваемых на поверхностях трения высокомолекулярными кислотами, прочные пленки, образуемые серо-содержащими и фосфорсодержащими антикоррозионными присадками на чугуне, снижая скорость износа, не обладают антифрикционными свойствами (6). Прочность этих пленок была нами установлена при проведении опытов с использованием масла с присадкой, меченной S^{35} : образовавшаяся за 10 час. на поверхностях трения пленка, зарегистрированная по излучению S^{35} , была истерта при дальнейшей работе машины на масле без присадки лишь через 25 час.

Наряду с защитой поверхностей трения от коррозионного износа с помощью присадок, образующих пленки на металле, эффективная защита их достигается также, как показали наши исследования, применением растворимых в масле продуктов, способных нейтрализовать своими катионами агрессивные кислоты. Исследования проводились с подачей паров уксусной и серной кислот на моторных маслах с дисульфидалкилфенолятами натрия, кальция, бария, лития и калия^{х)}. Результаты этих опытов на масле АС - 9,5 с подачей паров уксусной кислоты приведены в табл. 1.

Так как соли агрессивных кислот плохо растворимы в минеральных маслах, радиоактивность конденсата следует исполковывать как показатель коррозионного износа, а появление радиоактивности масла как снижение кислотности конденсата (исходная кислотность 8,1 мг КОН), рост же кислотности масла (исходная кислотность масла без присадки 0,04 мг КОН, а исходное масло с присадками давало щелочную реакцию) как свидетельство нейтрализующего действия присадок.

Учитывая сказанное, можно утверждать, что присадки с различными катионами обеспечили эффективное снижение коррозионного износа

х) Указанные присадки были получены от В.Н.Монастырского.

Таблица 1
Влияние катиона и количества нейтрализующей присадки на
коррозионный износ поверхностей трения

Испытуемый продукт	Длительность эффек- тивной ней- трализации, мин.	Скорость износа, мм/мин час	Радиоактивность после опыта ИМП / мин масла	Кислотное число после опыта, мг КОН конден- сата	Кислотное число после опыта, мг КОН конден- сата	Нормаль- ный элек- тролитный потенци- ал кати- она присадки, вольт	Раствори- мость ук- суснокислой соли, г/100г Н ₂ O
Масло АС-9,5 без присадки	0	18000	0	9026	0,06	6,0	-
То же +3% дисульфидалькифенолата	50	6000	136	12680	0,27	щелоч- ная среда	129,5
То же +3% калия	50	6600	104	3644	0,34	"	68,6
То же +3% лития	50	7050	206	9438	0,22	"	37,8
То же +3% бария	50	7350	48	9382	0,15	"	75,8
То же +3% кальция	50	7800	272	4768	0,41	"	65,3
То же + 1,5% натрия	20	8700	50	13925	0,14	"	"
То же + 6,0%	80	5200	416	3584	0,53	"	"
То же + 9,0%	120	4900	696	2448	0,66	"	"

-9-

в результате нейтрализующего действия. Соответствие между скоростями износа и положением катионов присадок в ряду напряжений (исключение составляет калий, уксуснокислая соль которого имеет аномально высокую растворимость в воде) показывает, что в основе механизма антикоррозионного действия нейтрализующих присадок лежат электрохимические процессы. Самые эффективные присадки должны содержать катионы, обладающие наибольшим отрицательным нормальным электродным потенциалом, а также должны давать при нейтрализации агрессивных кислот соли, которые хорошо растворимы в воде и не создают образивных осадков. Наиболее четко влияние растворимости указанных солей видно из результатов опытов на разных маслах с рассматриваемыми присадками при подаче паров серной кислоты (табл.2).

2609-24
Особенностью процесса изнашивания при работе нейтрализующей присадки (рис.5с) является изменение скорости износа в процессе подачи паров кислоты. По-видимому, сначала происходит эффективная нейтрализация подаваемой кислоты присадкой в объеме масла с одновременным переходом катионов присадки в накапливающийся конденсат. Точка перегиба кривой износа соответствует, очевидно, моменту полного перехода катионов присадки в конденсат с образованием раствора щелочи. Последняя продолжает нейтрализовать поступающую кислоту и тем самым, хотя и менее эффективно, снижает коррозионный износ до тех пор, пока вся щелочь не будет израсходована. Чем больше присадки содержится в масле, тем больше времени требуется для перехода катионов в конденсат, тем дольше обеспечивается эффективная нейтрализация и тем меньше скорость коррозионного износа после полного перехода катионов присадки в конденсат (табл.1, рис.5с, кривые 2,3,4 и 5). Все это подтверждается проверенным нами изменением зольности масла с присадкой в процессе опыта: к моменту времени, соответствующему перегибу кривой, наблюдается резкое уменьшение содержания присадки в масле. В опытах с подачей паров серной кислоты нейтрализующее действие присадок проявлялось несколько менее четко, чем при подаче уксусной кислоты, но при этом наблюдалось большее торможение износа (рис. 5, с, кривая 6).

По-видимому, это связано с отмечавшимся выше эффектом взаимодействия серной кислоты с компонентами масел с образованием сульфокислот, обеспечивающих дополнительную защиту поверхностей трения.

Проведенные исследования позволяют заключить, что моделирова-

-10-

Таблица 2

Влияние растворимости сернокислых солей на износ
поверхностей трения

Присадка	Скорость износа, $\frac{\text{мм}^3}{\text{мин} \cdot \text{час}}$			Раствори- мость сер- нокислой соли, $\frac{\text{г}}{100 \text{ г } \text{H}_2\text{O}}$	Нормаль- ный элект- родный по- тенциал катиона присадки, вольт
	трансфор- маторное масло	масло АС-5	масло АС-9,5		
Дисульфид алкил- фенолят натрия	I 050	400	875	32	-2,7I
" лития	I 600	330	365	24	-3,0I
" кальция	2 I75	I I00	I 400	0,2	-2,84
" бария	3 000	I 050	I 400	~0	-2,92

ние условий работы основных узлов трения двигателей внутреннего сго-
рания с применением радиоактивных индикаторов позволило не только
установить, что механизм защиты поверхностей трения от коррозионно-
го износа с помощью присадок к маслам может включать: I) образова-
ние защитных пленок на поверхностях трения; 2) образование защит-
ных антифрикционных пленок; 3) нейтрализацию коррозионно-агрессив-
ных кислот, но и показать влияние состава и концентрации приса-
док на эффективность их антикоррозионного действия.

Л и т е р а т у р а

1. Заславский Ю.С., Крейн С.Э., Шпеерова Р.Н., Шор Г.И. Исследование механизма действия антикоррозионных присадок к маслам методом меченых атомов. Химия и технология топлива, 1956, 4, 37-49
2. Заславский Ю.С. Исследование износных свойств масел и топлив с помощью радиоактивных изотопов. Сессия Академии Наук СССР по мирному использованию атомной энергии 1-5 июля 1955г. Заседания Отделения технических наук, II5-I39. Изд-во АН СССР, Москва, 1956
3. D. Godfrey. Review of recent russian research on chemisorbed lubricant films. Preprint N257 AM4A-4 of the American society of lubrication engineers. Chicago, 1957

-II-

4. Гурьянова Е.Н., Васильева В.Н., Кузина Л.С., Обмен серы в полисульфидах и некоторых ускорителях вулканизации. Сессия Академии Наук СССР по мирному использованию атомной энергии 1-5 июля 1955 г. Заседания Отделения химических наук, 270-300. Изд-во АН СССР, Москва, 1955
5. H.N. Zuidema. The performance of lubricating oils. Book Division Reinold Publishing Corporation, 1952
6. Заславский Д.С., Шор Г.И. Радиохимическое исследование механизма действия присадок, снижающих коррозионный износ цилиндро-поршневой группы двигателя. Химия и технология топлива и масел. 1957, 9, 41-49
- 2609-24 7. A. Dyson, L.Y. Richards, K.R. Williams. Diesel engine lubrications: Their selection and utilization with particular reference to oil alkalinity. Scient. Lubricat., 1957, 9 (6), 34-36
8. R. Tourret, R.W. Bale. Influence of acidity of the lubricating oil on the wear and deposits obtained in the caterpillar Y.A. Oil-Test Engine. Scient. Lubricat., Special "Conference on Lubrication and Wear issue", 1957, 110-112

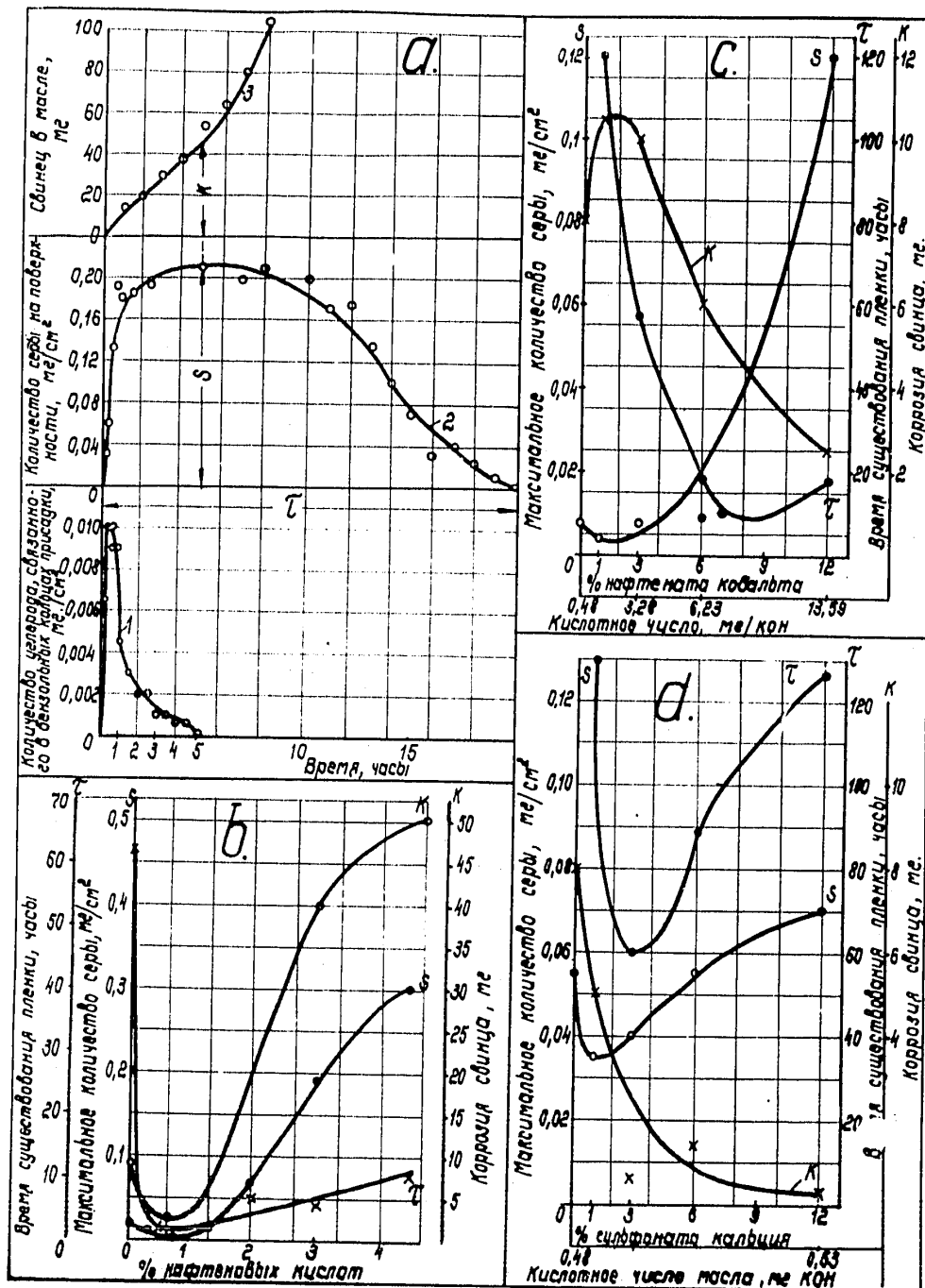


Рис. 1. а-образование защитных пленок на свинце дисульфидалкилфенолятом бария, меченным как по S^{35} , так и по C^{14} , и коррозия свинца. Масло МТ-16 + 3% присадки + 6% нафтенных кислот. 1-пленка, зарегистрированная по излучению C^{14} ; 2- пленка, зарегистрированная по излучению S^{35} ; 3-коррозия свинца; б-влияние нафтенных кислот на защитную эффективность пленок, образуемых дисульфидалкилфенолятом бария на свинце. S - максимальное количество пленки на поверхности свинца; τ - время существования пленки; K - коррозия свинца при максимальном количестве пленки на его поверхности; с - влияние нафтената кобальта на защитную эффективность пленок, образуемых дисульфидалкилфенолятом бария на свинце; д.-влияние сульфоната кальция на защитную эффективность пленок, образуемых дисульфидалкилфенолятом бария на свинце

8609-24

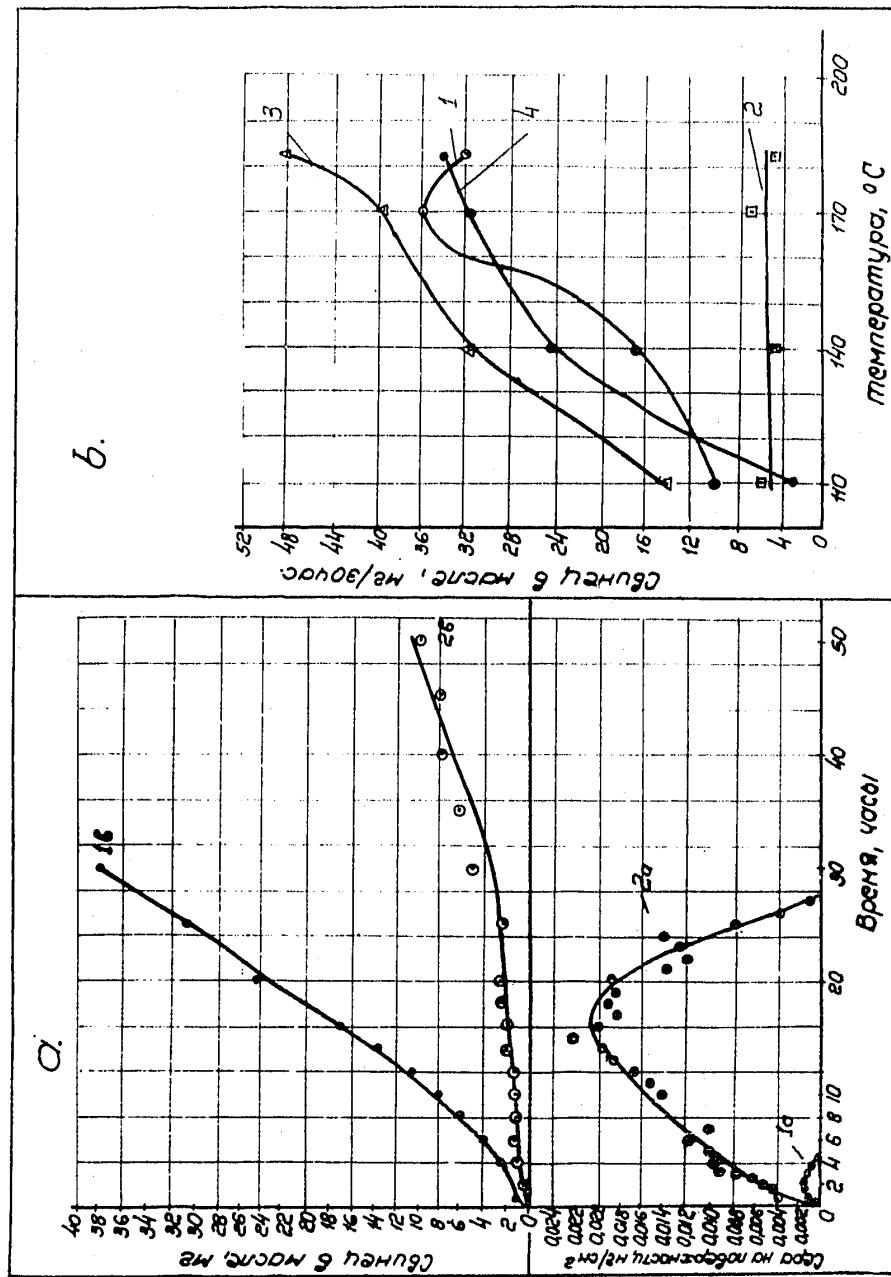


Рис. 2. а-образование защитных пленок на свинце дидецилсульфидом и дидецилди-
сульфидом, меченными S^{35} , и коррозия свинца. 1а-пленка, образованная
дидецилдисульфидом на свинце; 1б - соответствующая коррозия свинца;
2а- пленка, образованная дидецилсульфидом на свинце, 2б- соответствую-
щая коррозия свинца; 3 - зависимость коррозии свинца от температуры
масла и типа сернистого соединения, введенного в масло. 1 - масло МТ-
16; 2 - то же + 1,2% дидецилсульфида; 3 - то же + 0,6% дидецилсульфи-
да; 4 - то же + 0,6% дидецилмеркаптана

-14-

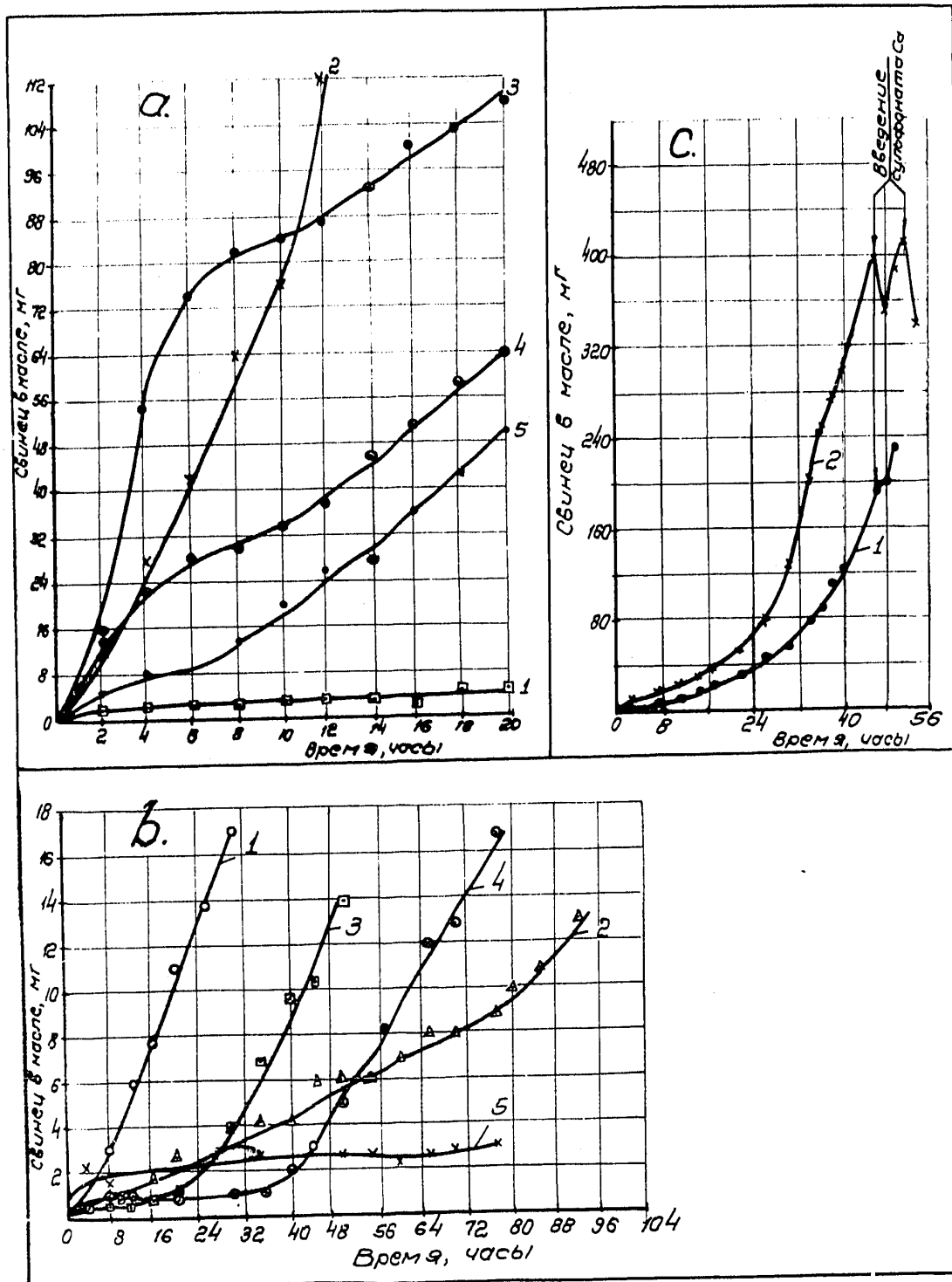


Рис. 3. а - влияние катионов нафтенатов на коррозию свинца в масле с присадкой (3% дисульфидалкилфенолята бария): 1 - МТ-16 с присадкой; 2 - то же + нафтеновые кислоты; 3 - то же + нафтенат меди; 4 - то же + нафтенат свинца; 5 - то же + нафтенат кобальта; б - влияние сульфоната кальция на коррозию свинца в масле М-16: 1 - масло МТ-16; 2 - то же + 3% дисульфидалкилфенолята бария; 3 - то же + 1% сульфоната кальция; 4 - то же + 3% сульфоната кальция; 5 - то же + 12% сульфоната кальция; с - влияние электрического тока на коррозию свинца в масле МТ-16: 1 - коррозия свинца в масле МТ-16; 2 - то же при включении свинцового образца в цепь электрической батареи

-15-

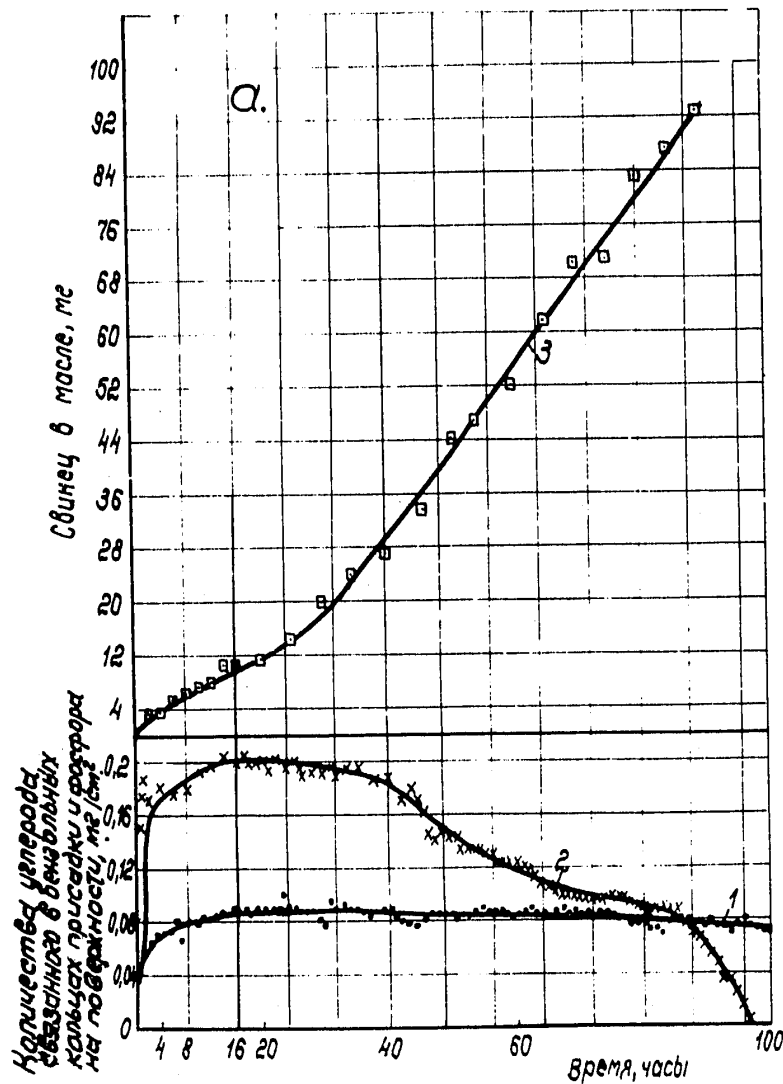


Рис. 4а. Образование защитных пленок на свинце трифенилфосфитом, меченным как по P^{32} , так и по C^{14} , и коррозия свинца. Масло МТ-16, температура 170° : 1-пленка, зарегистрированная по излучению P^{32} ; 2-пленка, зарегистрированная по излучению C^{14} ; 3 -коррозия свинца

-16-

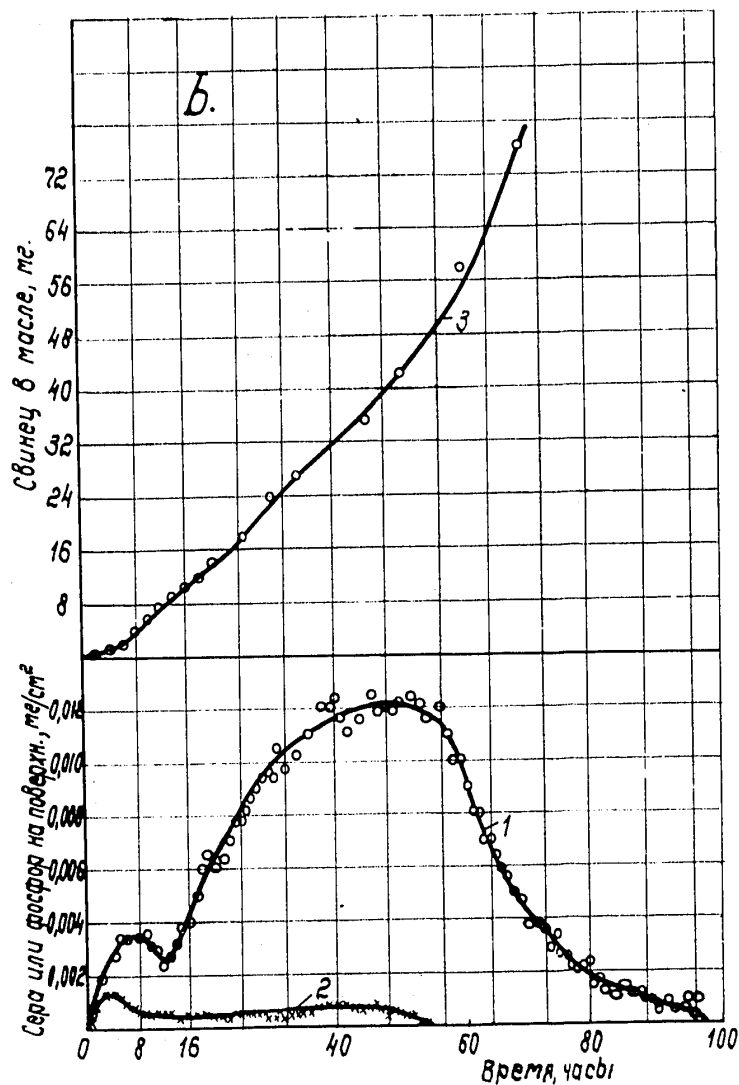


Рис. 4б Образование защитных пленок на свинце трибутилтритиофосфитом, меченным как по S^{35} , так и по P^{32} , и коррозия свинца. МТ-16, температура 140° : 1 - пленка, зарегистрированная по изучению S^{35} ; 2 - пленка, зарегистрированная по излучению P^{32} ; 3 - коррозия свинца

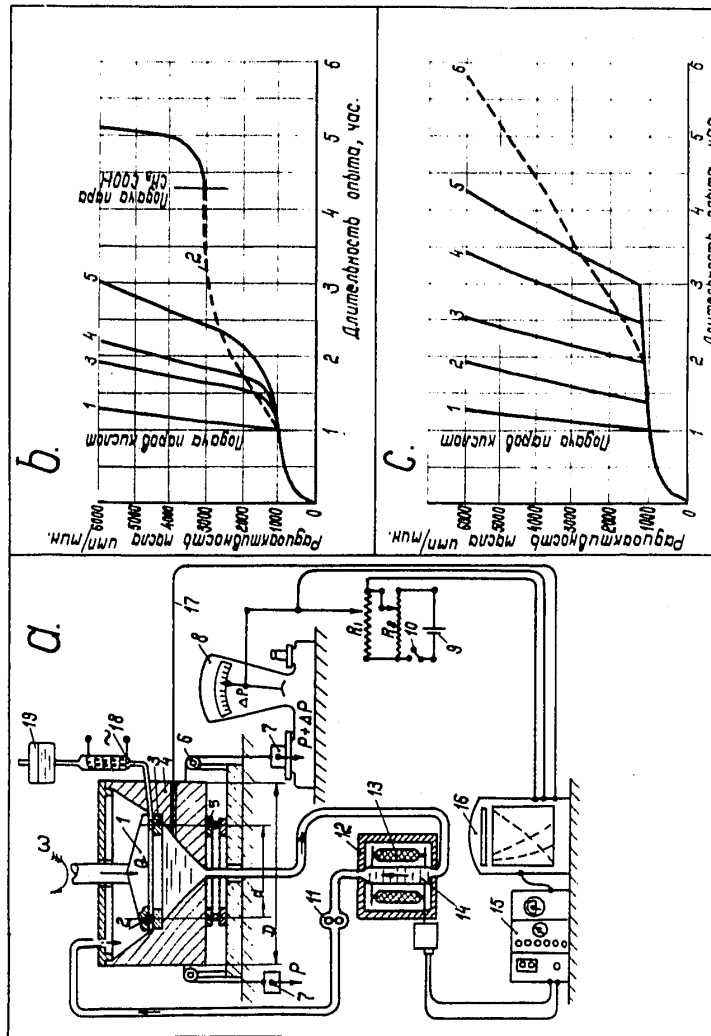


Рис. 5. а-схема экспериментальной установки для исследования коррозионного износа: 1 - коромысло; 2- радиоактивные чугунные сухари; 3- чугунное кольцо; 4-ванна машины трения; 5 - упорный подшипник; 6-блок; 7-грузы; 8 - весы; 9- элемент ЗСЛ-30; 10- выключатель; 11 - масляный насос; 12- свинцовая камера; 13-блок из 6 счетчиков Гейгера; 14-мерный резервуар; 15 - радиометрическая установка; 16-электронный потенциометр; 17-термопара; 18 - испаритель; 19 -баллон с раствором кислоты; б - влияние агрессивной среды и высокомолекулярных кислот на коррозионный износ поверхностей трения: 1- масло АС-9,5, пары CH_3COOH ; 2- то же, пары H_2SO_4 , а затем пары CH_3COOH ; 3- то же + 0,1% сульфокислот, пары CH_3COOH ; 4- то же + 1% олеиновой кислоты, пары CH_3COOH ; 5- то же + 5% олеиновой кислоты + пары CH_3COOH ; 6- влияние концентрации нейтрализующей присадки на эффективность торможения коррозионного износа: 1-масло АС-9,5, пары CH_3COOH ; 2-то же + 1,5% дисульфидалькилфенолата натрия, пары CH_3COOH ; 3- то же + 3% той же присадки, пары CH_3COOH ; 4- то же + 6% той же присадки, пары CH_3COOH ; 5 - то же + 9% той же присадки, пары CH_3COOH ; 6- то же + 3% той же присадки, пары H_2SO_4 .